

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Deskripsi Data**

Hasil penelitian didapatkan berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, yaitu dengan membuat campuran beton SCC menggunakan bahan tambah GGBFS dengan variasi 0%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25%; 30% dan *superplasticizer* sebesar 1%. Data yang diperoleh dari penelitian ini yaitu hasil uji pendahuluan, hasil pengujian *slump flow* beton segar, hasil pengujian berat isi beton, hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 28 hari. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

#### **4.2 Uji Pendahuluan**

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan penyusun beton, yaitu agregat kasar, agregat halus, semen serta pembuatan beton normal untuk mengetahui kuat tekan rencana. Bahan-bahan penyusun beton tersebut telah diuji terlebih dahulu untuk mengetahui kesesuaian kriteria bahan dengan SNI yang berlaku.

##### **4.2.1 Agregat Halus**

Pada penelitian ini digunakan agregat halus yang didapatkan dari toko pasir dan kerikil di Jalan Pisangan Lama, Jakarta Timur yang berasal dari Cirebon. Agregat halus yang akan digunakan dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu. Sebelum digunakan sebagai bahan penyusun beton agregat halus terlebih dahulu dicuci dengan air bersih dan dikeringkan hingga mencapai SSD. Hasil pengujian pendahuluan agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Hasil Uji Pendahuluan Agregat Halus

Pengujian	Hasil Pengujian	SNI
Kadar Lumpur	1,98%	<5% (SKSNI S-04-1989-F)
Zat Organik	2	<3 (SNI 2816-2014)
Kadar Air	2,74 %	0,2-4% (SNI 03-1971-1990)
Penyerapan Air	2,5 %	2-3% (SNI 1969-2008)
Modulus Halus Butir	3,8	1,5-3,8 (SNI 1975-1990)
Berat Jenis	2,53	2-2,7 (SNI 1969-2008)

Sumber: Data Hasil Penelitian

#### 4.2.2 Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar yang didapatkan dari toko pasir dan kerikil di Jalan Pisangan Lama, Jakarta Timur yang berasal dari Tangerang. Agregat kasar yang akan digunakan dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu. Sebelum digunakan sebagai bahan penyusun beton agregat kasar terlebih dahulu dicuci dengan air bersih dan dikeringkan hingga mencapai SSD. Hasil pengujian pendahuluan agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Hasil Uji Pendahuluan Agregat Kasar

Pengujian	Hasil Pengujian	SNI
Kadar Air	2,43 %	0,2-4% (SNI 03-1971-1990)
Penyerapan Air	2,59%	2-3% (SNI 1969-2008)
Modulus Halus Butir	6,4	6-7,1 (SNI 1975-1990)
Berat Jenis	2,27	2-2,7 (SNI 1969-2008)

Sumber: Data Hasil Penelitian

#### 4.2.3 Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian merupakan semen Tipe 1 dengan merek Jakarta yang didapatkan dari Toko Bangunan Mekar Jaya, Cikarang, Bekasi. Hasil pengujian pengahuluan yang dilakukan terhadap semen dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Uji Pendahuluan Semen

Pengujian	Hasil Pengujian	SNI
Berat Jenis	3,19	3,15 (SNI 15-2049-2004)
Konsistensi Normal	30%	-
Pengikatan Semen	75 menit	-

Sumber: Data Hasil Penelitian

#### 4.2.4 GGBFS

GGBFS yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. Krakatau Semen Indonesia. Hasil uji material terhadap semen dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Semen Slag

Pengujian	Hasil Pengujian
Berat Jenis	0,963 kg/liter
Kadar air	4.0 %
Lolosan ayakan no. 325	95,87 %
Tertahan ayakan no. 325	4,13 %

Sumber: PT. KSI, 2019

#### 4.2.5 Uji Beton Kuat Rencana

Sesuai dengan perencanaan awal pada penelitian ini maka kuat rencana beton normal yang ingin dicapai sebesar 35 MPa. Sehingga dilakukan uji coba pembuatan beton normal (tanpa GGBFS dan *superplasticizer*) sesuai *mix design* dengan kuat rencana yang ditentukan. Hasil pengujian pada beton normal dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.5 Karakteristik Beton Normal tanpa GGBFS dan *superplasticizer*

Benda Uji	Pengujian Slump	Berat Beton (kg)	Berat Isi (kg/m <sup>3</sup> )	Berat isi rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )	Gaya (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
Normal 1	100 mm	12,08	2279,783	2250,96	620	35,04	35,04
Normal 2		11,804	2227,695		591	33,42	
Normal 3		11,845	2235,433		617	34,91	
Normal 4		11,98	2260,911		650	36,77	

Sumber: Data Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa kuat tekan beton normal aktual sesuai dengan kuat tekan beton rencana.

### 4.3 Hasil Pengujian

#### 4.3.1 Pengujian *Slump flow*

Pada penelitian ini pengujian *slump flow* dilakukan pada beton segar. Sebelum pencetakan benda uji dilakukan pengujian *slump flow* dalam waktu maksimal 15 menit setelah bahan-bahan penyusun beton tercampur. Pada penelitian ini nilai *slump flow* yang direncanakan adalah 550 - 650 mm. Hasil pengujian *slump flow* pada beton segar sesuai dengan perencanaan dan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian *Slump Flow*

Campuran	Nilai	Rencana
Beton 0% GGBFS + 1% SP	600 mm	550 – 600 mm
Beton 5% GGBFS + 1% SP	590 mm	550 – 600 mm
Beton 10% GGBFS + 1% SP	580 mm	550 – 600 mm
Beton 15% GGBFS + 1% SP	570 mm	550 – 600 mm
Beton 20% GGBFS + 1% SP	570 mm	550 – 600 mm
Beton 25% GGBFS + 1% SP	550 mm	550 – 600 mm
Beton 30% GGBFS + 1% SP	550 mm	550 – 600 mm

Sumber: Data Hasil Penelitian

#### 4.3.2 Berat Isi Beton

Pengujian berat isi beton dilakukan setelah benda uji direndam selama 28 hari kemudian diangkat dan dikeringkan. Berat isi beton didapatkan dari perbandingan berat beton ( $W_c$ ) dengan volume beton ( $V_c$ ). Diketahui bahwa volume silinder ( $V_c$ ) adalah  $0,0015 \text{ m}^3$ . Hasil pengujian berat isi beton terdapat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.7 Data Berat Isi Beton Umur 28 Hari

campuran	Berat beton rata rata (kg)	Berat isi beton rata rata ( $\text{kg/m}^3$ )
Beton 0% GGBFS + 1% SP	11,906	2246,945
Beton 5% GGBFS + 1% SP	12,042	2272,611
Beton 10% GGBFS + 1% SP	12,097	2283,038
Beton 15% GGBFS + 1% SP	12,085	2280,774
Beton 20% GGBFS + 1% SP	12,272	2316,018
Beton 25% GGBFS + 1% SP	12,232	2308,422
Beton 30% GGBFS + 1% SP	12,191	2300,684

Sumber: Data Hasil Penelitian

### 4.3.3 Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini pengujian kuat tekan dilakukan pada beton berumur 28 hari. Nilai kuat tekan beton didapatkan dengan memberi beban maksimum ke benda uji kemudian membagi hasil beban maksimum dengan luas penampang benda uji. Hasil kuat tekan beton setelah dapat dilihat pada Tabel 4.7 sebagai berikut.

Tabel 4.7 Data Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Campuran	Nilai kuat tekan beton rata rata (MPa)
Beton 0% GGBFS + 1% SP	35,47
Beton 5% GGBFS + 1% SP	37,23
Beton 10% GGBFS + 1% SP	36,66
Beton 15% GGBFS + 1% SP	37,67
Beton 20% GGBFS + 1% SP	38,08
Beton 25% GGBFS + 1% SP	39,94
Beton 30% GGBFS + 1% SP	36,34

Sumber: Data Hasil Penelitian

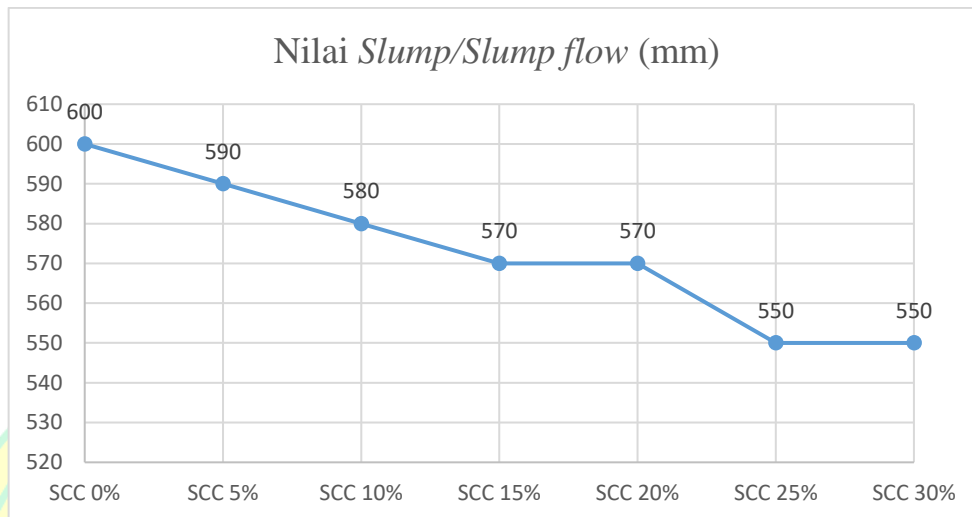
## 4.4 Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan hasil penelitian diperoleh berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan melalui eksperimen yaitu campuran beton dengan bahan tambah GGBFS variasi 0%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25%; 30% dan *superplasticizer* sebesar 1% dengan kuat tekan rencana 35 MPa diuji pada umur 28 hari di Laboratorium Uji Bahan Universitas Negeri Jakarta.

### 4.4.1 Uji *Slump flow*

Dalam penelitian ini pengujian *slump* yang dilakukan berupa pengujian *slump flow* untuk beton SCC, dimana pengujian *slump flow* tersebut dilakukan untuk mengetahui *workability* adukan beton dari setiap percobaan yang dilakukan. Hasil pengujian *slump flow test* beton SCC dengan bahan tambah GGBFS variasi 0%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25%; 30% secara berturut dapat dilihat pada gambar berikut.



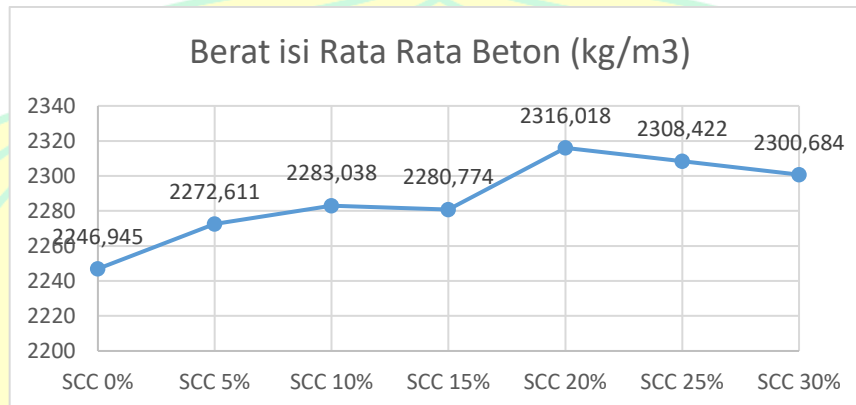


Gambar 4.1 Grafik Nilai *Slump Test* dan *Slump Flow*

Berdasarkan gambar 4.1, maka didapatkan nilai *slump flow* beton SCC tanpa bahan tambah maupun dengan bahan tambah GGBFS secara berturut-turut yaitu 600 mm, 590 mm, 580 mm, 570 mm, 570 mm, 550 mm, dan 550 mm. Sesuai dengan ACI 237R 07 bahwa nilai *slump flow* yang direncanakan sebesar 550-600 mm sehingga dengan demikian nilai tersebut masih memenuhi persyaratan *mix design*. Dari hasil pengujian *slump flow* menunjukkan bahwa GGBFS sebagai bahan tambah dapat mempengaruhi nilai *slump flow*. Penurunan nilai ini disebabkan karena presentase *powder* yang meningkat tetapi tidak diimbangi dengan penyesuaian kadar air sehingga menurunkan dapat menurunkan nilai *slump flow* (Saputro & Mentari, 2020). Semakin besar komposisi penggunaan GGBFS pada bahan tambah, semakin kecil nilai *slump* yang didapatkan yang menunjukkan bahwa tingkat kemudahan pengerjaan beton (*workability*) semakin rendah. Dikarenakan beton SCC tidak diizinkan untuk digetar, dengan terjadinya penurunan tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*) maka beton akan memiliki volume rongga yang lebih besar (Juradin dkk., 2014). Berdasarkan hal tersebut maka penggunaan bahan tambah GGBFS dengan kadar yang banyak akan mempengaruhi volume rongga pada beton. Rongga pada beton akan berdampak pada kemampuan beton menahan beban dan durabilitasnya (daya tahan terhadap penurunan mutu dan akibat pengaruh cuaca) (Zuraidah & Budi hastono, 2013).

#### 4.4.2 Berat Isi Beton

Beton yang telah direndam selama 28 hari kemudian diangkat dan dikeringkan. Kemudian beton ditimbang menggunakan timbangan. Hasil pengujian berat beton segar pada beton normal dan SCC dengan bahan tambah GGBFS variasi 0%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25%; 30% dapat dilihat pada gambar berikut.



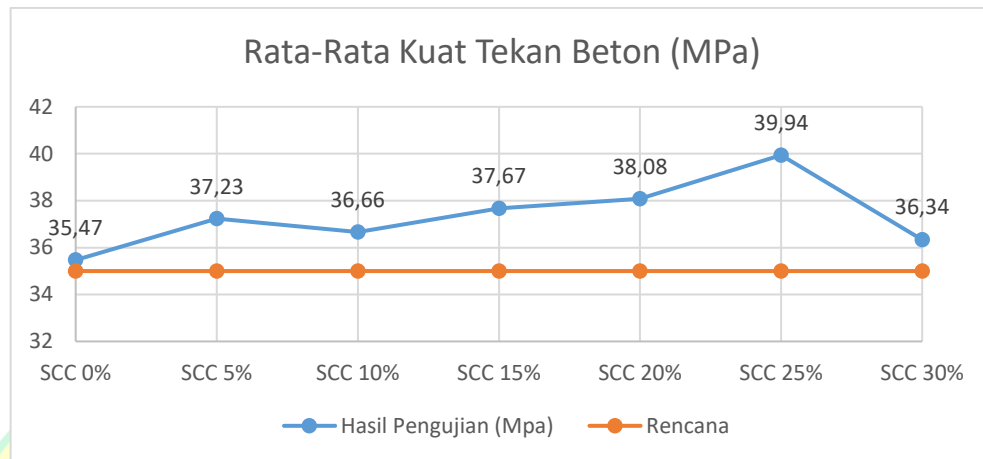
Gambar 4. 2 Grafik Berat Isi Beton Rata-rata

Berdasarkan gambar 4.2, maka didapatkan nilai berat isi untuk beton SCC tanpa bahan tambah maupun dengan bahan tambah GGBFS secara berturut-turut yaitu 2246,945 kg/m<sup>3</sup>; 2272,611 kg/m<sup>3</sup>; 2283,038 kg/m<sup>3</sup>; 2280,774 kg/m<sup>3</sup>; 2316,018 kg/m<sup>3</sup>; 2308,422 kg/m<sup>3</sup>; 2300,684 kg/m<sup>3</sup>. Nilai ini masih termasuk ke dalam beton normal dengan berat isi 2200 kg/m<sup>3</sup> hingga 2500 kg/m<sup>3</sup>.

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa penambahan GGBFS dapat meningkatkan berat isi beton. Semakin besar penambahan GGBFS yang digunakan, semakin meningkat berat isi pada beton yang mengakibatkan beton semakin padat.

#### 4.4.3 Kuat Tekan Beton

Grafik hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4. 3 Grafik Nilai Kuat Tekan Beton Rata-rata

Berdasarkan gambar 4.3 kuat tekan beton dengan variasi kadar bahan tambah 5% - 30% pada usia 28 hari menghasilkan peningkatan kuat tekan beton seiring kenaikan variasi bahan tambah sebesar 2,45% - 12,6%. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan kuat tekan beton pada campuran 5% yaitu 4,96% dari beton tanpa bahan tambah, campuran 10% naik 3,35%, campuran 15% naik 6,2%, campuran 20% naik 7,36%, campuran 25% naik 12,6%, campuran 30% naik 2,45%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut terjadi perbedaan kuat tekan beton tanpa bahan tambah GGBFS dengan kuat tekan beton yang ditambahkan bahan GGBFS pada variasi penambahan 25%. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton optimum terjadi pada variasi penambahan 25%.

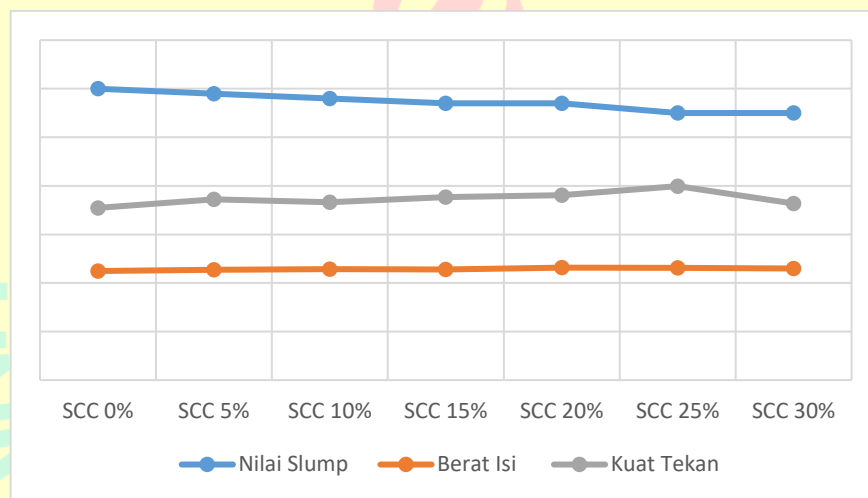
Peningkatan kuat tekan terjadi dikarenakan kombinasi semen dengan GGBFS mempunyai efek positif dalam proses pengerasan beton. Diawali dengan proses hidrasi semen yang bereaksi dengan air menghasilkan CSH (Kalsium Silikat Hidrat) sebagai komponen perekatnya dan  $\text{Ca(OH)}_2$  (Kalsium Hidroksida) sebagai residu reaksi kimia hidrasi.  $\text{Ca(OH)}_2$  tidak memberikan dampak pada pembentukan kekuatan beton (Widojoko, 2010). GGBFS di dalam beton akan bereaksi dengan air dan  $\text{Ca(OH)}_2$  sebagai reaksi sekunder. Dalam proses ini akan terbentuk CSH dalam jumlah yang lebih besar. Semakin tinggi kadar CSH yang dihasilkan, semakin tinggi kekuatannya (Setiadji dkk., 2020). Berdasarkan hal tersebut penggunaan GGBFS sebagai bahan tambah akan meningkatkan kadar CSH pada beton dan meningkatkan kuat tekan seiring dengan bertambahnya presentase.



Tetapi pada presentase 30% mengalami penurunan sebesar 3,6% terhadap kuat tekan optimum. Hal ini terjadi akibat dari laju hidrasi yang lambat yang menyebabkan perkembangan kuat tekan yang lambat sejalan dengan makin bertambahnya GGBFS (Chi dkk., 2018).

#### 4.4.4 Analisa Secara Keseluruhan

Secara keseluruhan hasil pengujian beton SCC dengan bahan tambah GGBFS berupa uji *slump flow* dan kuat tekan beton mempunyai perbedaan. Hasil pengujian seluruh pengujian beton dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4. 4 Grafik Analisa Keseluruhan

Berdasarkan grafik tersebut, menunjukkan bahwa nilai *slump flow*, berat isi dan kuat tekan dipengaruhi oleh banyaknya kadar GGBFS yang ditambahkan. Diawali dengan penambahan GGBFS berpengaruh menurunkan nilai *slump flow*. Penurunan tersebut dikarenakan bertambahnya kadar *powder* dalam beton tetapi tidak diimbangi dengan kadar air sesuai, sehingga penurunan nilai *slump flow* terjadi seiring bertambahnya kadar bahan tambah (Saputro & Mentari, 2020). Tetapi penambahan GGBFS berpengaruh sebaliknya terhadap berat isi dan kuat tekan, semakin besar kadar GGBFS yang ditambahkan maka semakin meningkat berat isi dan kuat tekan beton. Hal tersebut terjadi karena GGBFS berfungsi sebagai *filler* yang mengisi rongga yang terdapat pada beton dan sifatnya yang sementius dapat mempengaruhi kuat tekan beton (Setiadji dkk., 2020). Tetapi pada presentase 30% mengalami penurunan kuat tekan beton hal ini terjadi karena laju hidrasi yang

lambat akibat penambahan *powder* tidak diimbangi dengan penggunaan kadar air yang sesuai sehingga perlu dilakukan penyesuaian terhadap kadar air pada penambahan kadar GGBFS yang besar agar mendapatkan nilai *slump flow* dan kuat tekan yang sesuai.

#### 4.5 Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian ini masih terdapat keterbatasan penelitian diantaranya adalah:

1. Pada proses perendaman benda uji, tempat perendaman terdapat lumut sehingga menyebabkan beberapa benda uji terdapat lumut yang menempel.
2. Proses pengisian cetakan tidak sesuai dengan ASTM C31 yang mengacu pada ASTM 1758 yaitu dengan menuangkan langsung ke cetakan setinggi tidak lebih dari 125 mm dan tidak dipadatkan dengan tongkat maupun memukul bagian samping cetakan.